



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 61 550 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 05 B 5/16**  
B 05 B 5/025

⑳ Aktenzeichen: 101 61 550.7  
㉑ Anmeldetag: 14. 12. 2001  
㉒ Offenlegungstag: 18. 6. 2003

DE 101 61 550 A 1

㉓ Anmelder:  
Dürr Systems GmbH, 70435 Stuttgart, DE  
  
㉔ Vertreter:  
v. Bezold & Sozien, 80799 München

㉕ Erfinder:  
Baumann, Michael, 74223 Flein, DE; Poppe,  
Siegfried, 71706 Hardthof, DE; Yamabe, Hidetoshi,  
Dr., Tokio/Tokyo, JP

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

- ⑤④ Sensoranordnung für ein auf Hochspannungspotential liegendes Teil einer Beschichtungsanlage
- ⑤⑦ Zum Erfassen der Lage oder Bewegung eines Molches oder sonstigen bewegbaren Körpers in einem unter Hochspannung stehenden Teil einer elektrostatischen Beschichtungsanlage wird ein magnetisch-optisches Sensorsystem verwendet, in dem die Drehung der Polarisationsrichtung von linear polarisierten Lichtwellen in dem Sensorelement unter Einfluss eines magnetisch wirksamen Geberelements des bewegbaren Körpers magnetooptisch nach dem Faraday-Effekt oder Kerr-Effekt zur Erzeugung von Lichtsignalen genutzt wird, die über eine Lichtwellenleiteranordnung zu einer von dem Hochspannungsbereich entfernten elektronischen Einrichtung gesendet werden.

DE 101 61 550 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Sensoranordnung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Insbesondere handelt es sich um eine Anlage für die Serienbeschichtung von Werkstücken wie Fahrzeugkarossen, in der das Beschichtungsmaterial bekanntlich innerhalb oder außerhalb der zur Beschichtung verwendeten elektrostatischen Zerstäuber auf Hochspannungspotential in der Größenordnung von beispielsweise 100 kV aufgeladen wird, um zu dem geerdeten Werkstück zu wandern.

[0003] Ein typisches Beispiel für einen bewegbaren Körper, dessen Lage oder Bewegung in einem auf Hochspannungspotential liegenden Teil einer solchen Anlage gemeldet werden muss, sind zwischen Molchstationen einer Farbversorgungsleitung hin- und herbewegbare Molche. Wie u. a. in EP 0 319 172, DE 10 03 3987 und DE 101 31 562 erläutert ist, werden die zerstäuberseitigen Molchstationen während des Beschichtungsbetriebes vom Zerstäuber über die elektrisch leitende Farbsäule auf Hochspannung gelegt. Für die Erfassung der Molchpositionen in den unter Hochspannung stehenden Leitungen und Molchstationen werden spezielle Initiatoren mit pneumatischen Schaltern verwendet, die auf im Molchkörper integrierte Magnete ansprechen und unter Hochspannung arbeiten können, wofür aber Nachteile wie hoher Platzbedarf und unerwünscht lange Reaktionszeiten in Kauf genommen werden müssen. Ähnliche Probleme treten bei anderen Anlagenteilen auf.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Sensoranordnung anzugeben, mit der die Lage oder Bewegung eines bewegbaren Körpers in einem unter Hochspannung stehenden Teil der Beschichtungsanlage verzögerungsfrei und platzsparend gemeldet werden kann. Diese Aufgabe wird durch die in den Patentansprüchen gekennzeichnete Sensoranordnung gelöst.

[0005] Erfindungsgemäß verwendbare magnetisch-optische Sensorsysteme nützen beispielsweise die als Faraday-Effekt bekannte Drehung der Polarisationsrichtung von linear polarisierten Lichtwellen bei Durchgang durch ein isotropes Medium unter Einfluss eines Magnetfeldes, oder auch den ebenfalls bekannten magnetooptischen Kerr-Effekt. Das magnetisch wirksame Geberelement kann ein Dauermagnet sein oder auch ein Element aus Eisen, Stahl oder sonstigem Werkstoff mit ferromagnetischen Eigenschaften, mit dem das Magnetfeld eines in dem Sensorelement befindlichen Magnelements veränderbar ist. Derartige Sensorsysteme sind für andere Zwecke wie z. B. als Positionssensoren für die Seiten- und Höhenruder von Flugzeugen als Ersatz für die fly-by-wire-Technik bekannt (EP 0 319 172) und im Handel erhältlich. In elektrostatischen Beschichtungsanlagen haben sie aber den besonderen und überraschenden Vorteil, dass sie problemlos unter Hochspannung arbeiten können. Im Vergleich mit den hierfür in elektrostatischen Beschichtungsanlagen insbesondere als Molchsensor verwendeten pneumatischen Schaltern zeichnen sie sich durch kleinere Bauform und wesentlich kürzere Reaktionszeiten aus, die für die automatische Steuerung des Beschichtungsbetriebes in modernen Serienbeschichtungsanlagen wichtig sind. Diese Vorteile werden vorzugsweise ohne aktive elektrische Bauelemente im Sensor erreicht, die unter den gegebenen Hochspannungsbedingungen eine Batterie benötigen würden und entsprechend kurze Standzeiten hätten. Weitere Vorteile des magnetisch-optischen Sensorsystems bestehen darin, dass es keinen Abgleich und keine aufwendige Software für das Programmsteuersystem der Beschichtungsanlage erfordert.

[0006] An den in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen wird die Erfindung näher erläutert. Es zei-

gen

[0007] Fig. 1 das Sensorsystem in Verbindung mit einer gemolchten Farbleitung;

[0008] Fig. 2 ein Sensorsystem, dessen Sensorelement in eine Molchstation eingebaut ist;

[0009] Fig. 3 das Sensorsystem in Verbindung mit einem Pneumatikzylinder; und

[0010] Fig. 4 das Sensorsystem in Verbindung mit einer Dosierpumpe für Beschichtungsmaterial.

[0011] In Fig. 1 ist eine Farbleitung 10 dargestellt, die elektrisch leitendes Beschichtungsmaterial wie z. B. Wasserlack einem elektrostatischen Zerstäuber (nicht dargestellt) zuführt, von dem das in der Farbleitung 10 befindliche Beschichtungsmaterial auf Hochspannungspotential aufgeladen wird. Zum Fördern des Beschichtungsmaterials und/oder zum Reinigen der Leitung 10 wird ein Molch 12 in der Leitung hin- und herbewegt, dessen Vorbeilauf an einer bestimmten Stelle bekanntlich dem Anlagensteuersystem gemeldet werden muss und in dessen Körper zu diesem Zweck ein magnetisch wirksames Geberelement wie z. B. ein Dauermagnet 14 integriert ist, auf den ein an der betreffenden Stelle angeordneter Molchsensor 15 anspricht. Der Molchsensor 15 besteht zweckmäßig aus einem relativ dünnen langgestreckten zylindrischen Gehäuse, das eine Polarisationsrichtung enthält (nicht dargestellt), die an eine Lichtwellenleiteranordnung 16 mit zwei optischen Fasern angeschlossen ist, von denen die eine Faser Licht beispielsweise von einer Diode zuführt und die andere Faser von dem Sensor erzeugte Lichtsignale einer von dem Hochspannungsbereich entfernten elektronischen Einrichtung zur Erzeugung eines dem Lichtsignal entsprechenden elektrischen Signals sendet. Durch den Polarisator wird das ihm zugeführte Licht linear polarisiert. Das polarisierte Licht wird von einem am Stirnende des Sensorgehäuses befindlichen Spiegel reflektiert. Beispielsweise kann das polarisierte Licht gemäß Fig. 15 der eingangs erwähnten EP 0 319 172 über ein Brechungselement (Faraday-Effekt-Element) zu einem Polarisationsdetektor oder Analysator reflektiert werden, der durch einen Teil der Polarisationsrichtung gebildet sein kann, und an den auf der entgegengesetzten Seite die Ausgangsfaser angeschlossen ist. Im Normalzustand gelangt das polarisierte Licht ungestört in die Ausgangsfaser. Wenn der Sensor sich aber im Magnetfeld des Molches 12 befindet, wird das linear polarisierte Licht durch den Faraday-Effekt in Abhängigkeit von der Feldstärke gedreht, so dass sein Weg in die Ausgangsfaser versperrt ist. Die Lichtsignaländerung wird von der entfernten elektronischen Einrichtung ausgewertet. Auch ein nach dem magnetooptischen Kerr-Effekt arbeitender Sensor kann verwendet werden, bei dem die Polarisationsrichtung von an einem magnetisierten ferromagnetischen Spiegel reflektiertem Licht verändert wird.

[0012] Im Handel erhältliche magnetooptische Sensoren der dargestellten zylindrischen Form haben beispielsweise einen Durchmesser von etwa 3 bis 8 mm und eine Länge von 20 mm. Die Lichtwellenleiteranordnung 16 ist zweckmäßig flexibel, so dass sie problemlos innerhalb der Beschichtungsanlage verlegt werden kann.

[0013] Während der Molchsensor 15 mit der Längsachse seines zylindrischen Gehäuses quer zu der Bewegungsrichtung des Molches 12 angeordnet ist, so dass seine Stirnfläche dem Magnet 14 zugewandt ist, kann stattdessen oder zusätzlich ein ähnlicher Molchsensor 15' mit seiner Längsachse parallel zu der Bewegungsrichtung an der Leitung 10 angeordnet sein.

[0014] Fig. 2 zeigt eine Molchstation 20 einer der an sich bekannten Beschichtungsanlagen mit gemolchten Leitungen. An den Anschluss 21 der Molchstation 20 kann z. B. die molchbare Leitung 10 (Fig. 1) angeschlossen sein. Der

den Magnet 14 oder sonstigen Geber enthaltende Molch 12 befindet sich hier in einer durch den Molchsensor 25 überwachten und gemeldeten Endlage in der Molchstation. Der in die Molchstation eingebaute Molchsensor 25 kann hinsichtlich Form, Lage und Wirkungsweise dem oben beschriebenen Sensor 15 entsprechen.

[0015] Einer der Vorzüge des beschriebenen Sensorsystems besteht darin, dass es nicht nur als Molchsensor, sondern weitgehend unverändert auch an anderen Teilen der elektrostatischen Beschichtungsanlage verwendet werden kann, die unter Hochspannung stehen können (aber nicht müssen). Als Beispiel hierfür ist in Fig. 3 ein Pneumatikzylinder 30 dargestellt, der u. a. als pneumatischer Linearantrieb für eine in der Nähe des Zerstäubers befindliche Leitungstrennkupplung und sonstige unter Hochspannung stehende Teile der Beschichtungsanlage benötigt wird. An der in dem Pneumatikzylinder verschiebbaren Kolbenstange ist mindestens ein Magnet oder sonstiger magnetisch wirksamer Geber angeordnet (nicht dargestellt), auf den in den beiden Endstellungen des Kolbens je ein Sensor 35 bzw. 35' der hier beschriebenen Art anspricht. Die beiden Sensoren können in der dargestellten Lage parallel zur Kolbenbewegungsrichtung auf einfache Weise mit den Halterungen 31, 31' an dem Pneumatikzylinder 30 befestigt werden.

[0016] In ähnlicher Weise wie bei dem dargestellten Pneumatikzylinder können auch in den unter Hochspannung stehenden Kolbendosierzylindern, die in bekannten Beschichtungsanlagen zur dosierten Flüssigkeitsförderung verwendet werden, die Kolbenendstellungen überwacht und gemeldet werden.

[0017] Als anderes Beispiel zeigt Fig. 4 eine Zahnrad- oder sonstige Dosierpumpe 40 zur dosierten Förderung von Farbblack, der von einem in der Nähe befindlichen Zerstäuber auf Hochspannungspotential aufgeladen sein kann. Die Dosierpumpe 40 wird von einem Antriebsmotor 41 über eine aus Isolierwerkstoff bestehende Welle 42 und über eine Kupplung 47 angetrieben. Bei solchen Dosierpumpenanordnungen besteht die Möglichkeit eines Bruchs der Isolierwelle 42 oder eines Kupplungsschadens mit der Folge, dass bei rotierendem Antriebsmotor 41 die Dosierpumpe 40 unbemerkt stehen bleibt. Aus diesem Grund ist zur Überwachung der Pumpenfunktion an einer unmittelbar an der Eingangswelle der Pumpe, beispielsweise in dem auf der Eingangswelle sitzenden rotierenden Kupplungsglied 48 ein Geber wie z. B. ein Magnet 44 montiert, auf den der stationär in der Nähe des Kupplungsteils 48 angeordnete Sensor 45 der oben beschriebenen Art anspricht. Wenn die Pumpe stehen bleibt, ändert sich dementsprechend das Lichtsignal, das bei normalem Betrieb durch den zyklischen Vorbeilauf des Magneten 44 von dem Sensor 40 erzeugt wird. Da das Lichtsignal sich auch mit der Frequenz der Polarisationsänderung im Sensor 45 ändert, zeigt sich bei diesem Beispiel, dass mit dem beschriebenen Sensorsystem auch die Drehzahl von unter Hochspannung stehenden rotierenden Teilen in einer elektrostatischen Beschichtungsanlage gemessen werden kann. Die Signalauswertung bzw. Drehzahlmessung kann in der entfernt außerhalb des Hochspannungsbereichs befindlichen elektronischen Einrichtung erfolgen.

[0018] Eine weitere, nicht dargestellte Anwendungsmöglichkeit der Erfindung besteht darin, dass das Sensorelement und das magnetisch wirksame Geberelement Kollisionsschutzelemente einer elektrostatischen Beschichtungsanlage oder ein sonstiges Werkzeug bewegende Maschine der Beschichtungsanlage sind, wobei das eine Element in oder an einem Festteil der Maschine und das andere Element in oder an einem sich bei einer Kollision des Werkzeugs relativ zu dem Festteil bewegenden Teil angeordnet ist. Ein typisches Beispiel hierfür ist die Anordnung des Ge-

berelements am Befestigungsflansch eines Zerstäubers, der beispielsweise auswechselbar an einem Lackierroboter montiert ist und sich relativ zu dessen Befestigungsflansch bewegt, wenn er mit einem zu beschichtenden Werkstück oder einem Anlagenteil kollidiert. In diesem Fall wird der Sensor in der Nähe des Geberelements an dem Befestigungsflansch des Roboters angeordnet und die Änderung des Lichtsignals genutzt, die sich ergibt, wenn der Einfluss des Magnetfeldes auf den Sensor bzw. die Beeinflussung des Magnetfeldes im Sensor schwächer wird oder verschwindet. Insbesondere eignet sich das Sensorsystem für eine der in der DE 101 15 661 beschriebenen Kollisionsschutzeinrichtungen, auf die hier Bezug genommen wird. In ähnlicher Weise kann das Geberelement auch zur einfachen Werkzeugpositionserfassung in oder an einem auswechselbar an einem Halteteil einer Bewegungsmaschine der Beschichtungsanlage montierten elektrostatischen Zerstäuber oder sonstigem Werkzeug angeordnet sein, während das Sensorelement in oder an dem Halteteil angeordnet ist.

[0019] Gemäß einem weiteren Beispiel kann das Geberelement zur Schaltstellungsabfrage in oder an einem ferngesteuert umschaltbaren, unter Hochspannung arbeitenden Ventil angeordnet sein, dessen bewegbares Ventiltglied zwischen zwei Schaltstellungen verschiebbar ist und in der einen Schaltstellung den Weg für ein durch das Ventil fließendes Medium freigibt, während das Ventil geschlossen ist, wenn sich das Ventiltglied in seiner anderen Schaltstellung befindet. Hier ist das Geberelement in einem mit dem Ventiltglied verschiebbaren Bauteil und das Sensorelement in oder an einem relativ zu dem Ventiltglied feststehenden Bauteil des Ventils angeordnet. Typisch kann es sich um die in der DE 101 15 472 beschriebene Abfrage der Stellung des Hauptnadelventils eines elektrostatischen Zerstäubers handeln, auf die hier Bezug genommen wird.

#### Patentansprüche

1. Sensoranordnung für eine Anlage zur serienweisen elektrostatischen Beschichtung von Werkstücken mit einem bewegbaren Körper (12), der mindestens ein die Lage oder Bewegung des Körpers meldendes magnetisch wirksames Geberelement (14) enthält, und mit mindestens einem auf das Geberelement (14) ansprechenden Sensorelement (15), das in einem im Betrieb der Anlage auf Hochspannungspotential liegenden Anlagenteil angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensorelement (15) eine optische Polarisationseinrichtung enthält, dass durch Annäherung des Geberelements (14) die Polarisation von durch die Polarisationseinrichtung geleitetem Licht in dem Sensorelement (15) magnetooptisch zur Erzeugung eines Lichtsignals verändert wird, und dass eine Lichtwellenleiteranordnung (16) von der Polarisationseinrichtung in dem auf Hochspannung liegenden Anlagenteil zu einer hiervon entfernten elektronischen Einrichtung zur Erzeugung eines dem Lichtsignal entsprechenden elektrischen Signals führt.
2. Sensoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Geberelement (14) ein Magnet ist.
3. Sensoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Geberelement aus einem Werkstoff besteht, durch den das Magnetfeld eines in dem Sensorelement befindlichen Magnetelements änderbar ist.
4. Sensoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensorelement (15) einen Reflektor enthält, der das von der

Polarisationseinrichtung kommende Licht zu einem Analysator der Polarisationseinrichtung zurückleitet, wobei sich zwischen der Polarisationseinrichtung und dem Reflektor ein die Polarisationseinrichtung drehendes Brechungselement oder Prisma befindet, und dass an die Polarisationseinrichtung ein Lichtleiter für das dem Sensorelement (15) zugeführte Licht und ein Lichtleiter für das der elektronischen Einrichtung zugeführte Licht angeschlossen sind.

5. Sensoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das die Polarisationseinrichtung enthaltende Sensorelement (15) als Molchsensor an einer Leitung (10) der Beschichtungsanlage angeordnet ist, durch die ein das magnetische Geberelement (14) enthaltender Molchkörper (12) gefördert wird.

6. Sensoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensorelement (25) in eine Molchstation (20) der Beschichtungsanlage eingebaut ist.

7. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensorelement und das Geberelement Kollisionsschutzelemente einer ein elektrostatisches Beschichtungswerkzeug oder ein sonstiges Werkzeug bewegendes Maschine der Beschichtungsanlage sind, wobei das eine Element in oder an einem Festteil der Maschine und das andere Element in oder an einem sich bei einer Kollision des Werkzeugs relativ zu dem Festteil bewegendes Teil angeordnet ist.

8. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Geberelement zur Werkzeugpositionserfassung in oder an einem auswechselbar an einem Halteteil einer Bewegungsmaschine der Beschichtungsanlage montierten elektrostatischen Beschichtungswerkzeug oder einem sonstigen Werkzeug angeordnet ist, während das Sensorelement in oder an dem Halteteil angeordnet ist.

9. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensorelement und das Geberelement zur Schaltstellungsabfrage in oder an einem ferngesteuert umschaltbaren, unter Hochspannung arbeitenden Ventil angeordnet sind, dessen bewegbares Ventiltglied zwischen zwei Schaltstellungen verschiebbar ist und in der einen Schaltstellung den Weg für ein durch das Ventil fließendes Medium freigibt, während das Ventil geschlossen ist, wenn sich das Ventiltglied in seiner anderen Schaltstellung befindet, wobei das Geberelement in einem mit dem Ventiltglied verschiebbaren Bauteil und das Sensorelement in oder an einem relativ zu dem Ventiltglied feststehenden Bauteil des Ventils angeordnet ist.

10. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Geberelement zur Kolbenpositionserfassung in oder an einem Kolben angeordnet ist, der in einem unter Hochspannung arbeitenden Zylinder (30) verschiebbar ist, wobei das Sensorelement in der Nähe einer Endlage des mit dem Kolben verschiebbaren Geberlements angeordnet ist.

11. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zur Meldung einer Antriebsunterbrechung einer von einem Motor (41) angetriebenen Dosierpumpe (40) oder sonstigen unter Hochspannung rotierenden Einrichtung der Beschichtungsanlage das Geberelement (44) in oder an einem rotierenden Bauteil (48) der Einrichtung und das Sensorelement (45) an einem relativ zu dem rotierenden Bauteil (48) feststehenden Teil der Einrichtung ange-

ordnet ist.

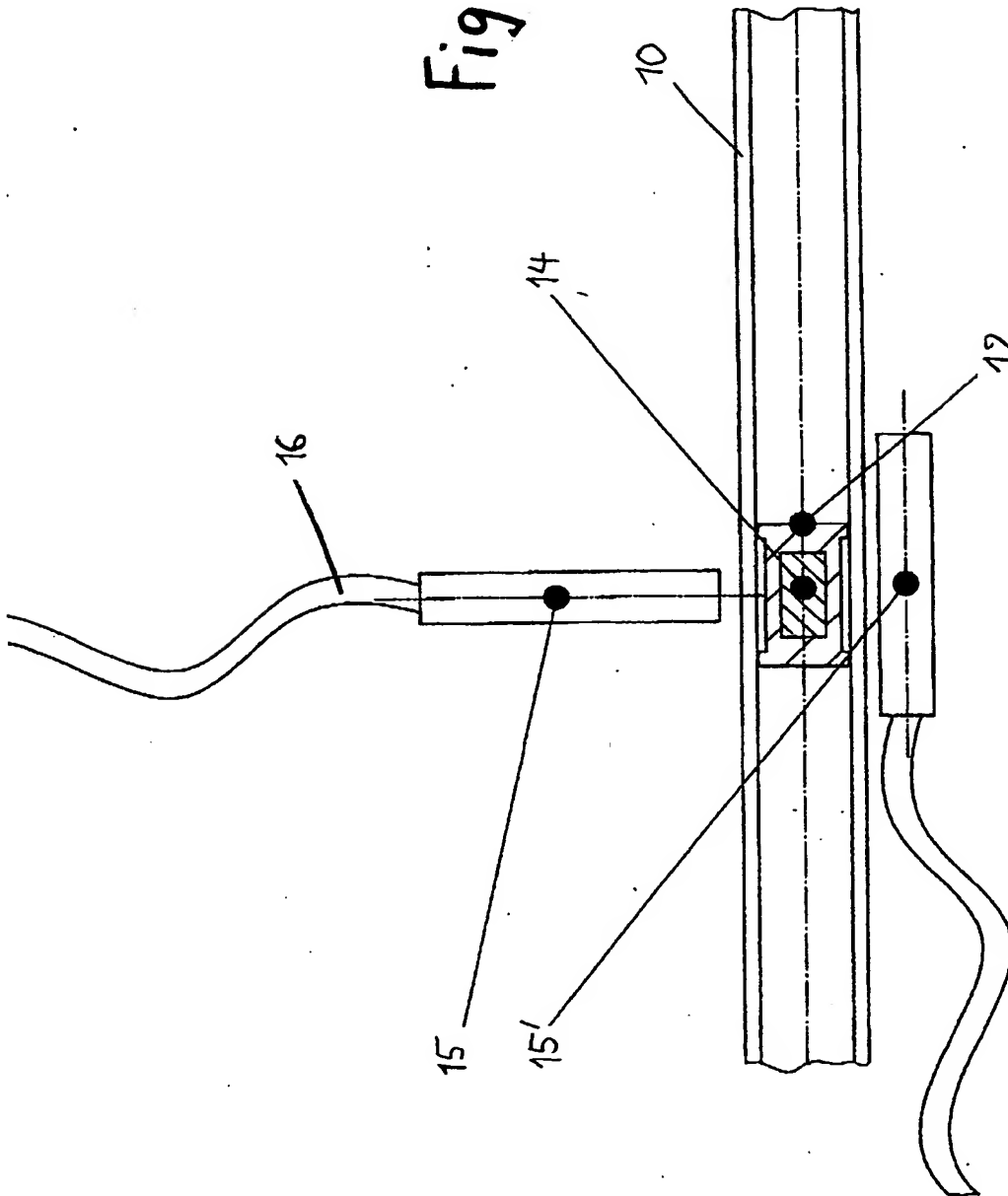
12. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Geberelement an einem unter Hochspannung rotierenden Teil eines elektrostatischen Zerstäubers oder sonstigen Gerätes der Beschichtungsanlage angeordnet ist, und dass das Sensorelement an eine Drehzahlmesseinrichtung angeschlossen ist.

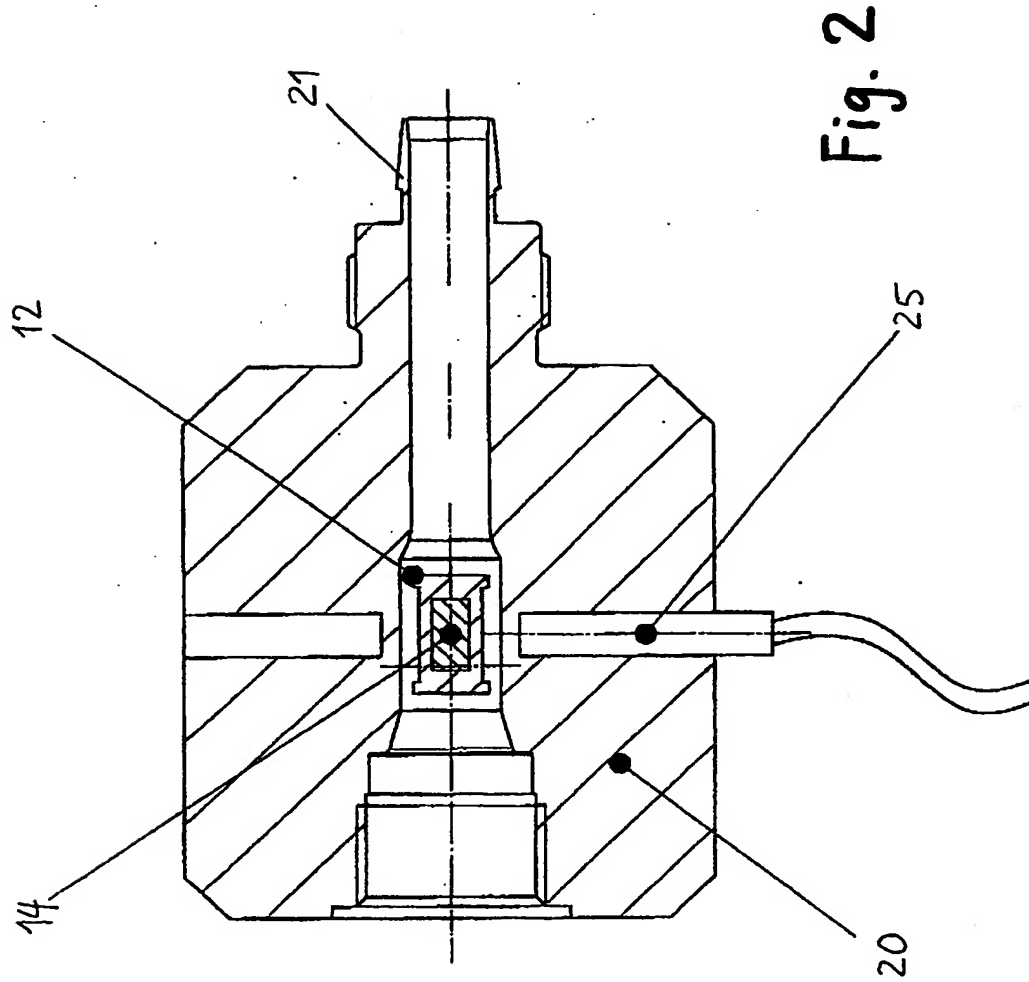
---

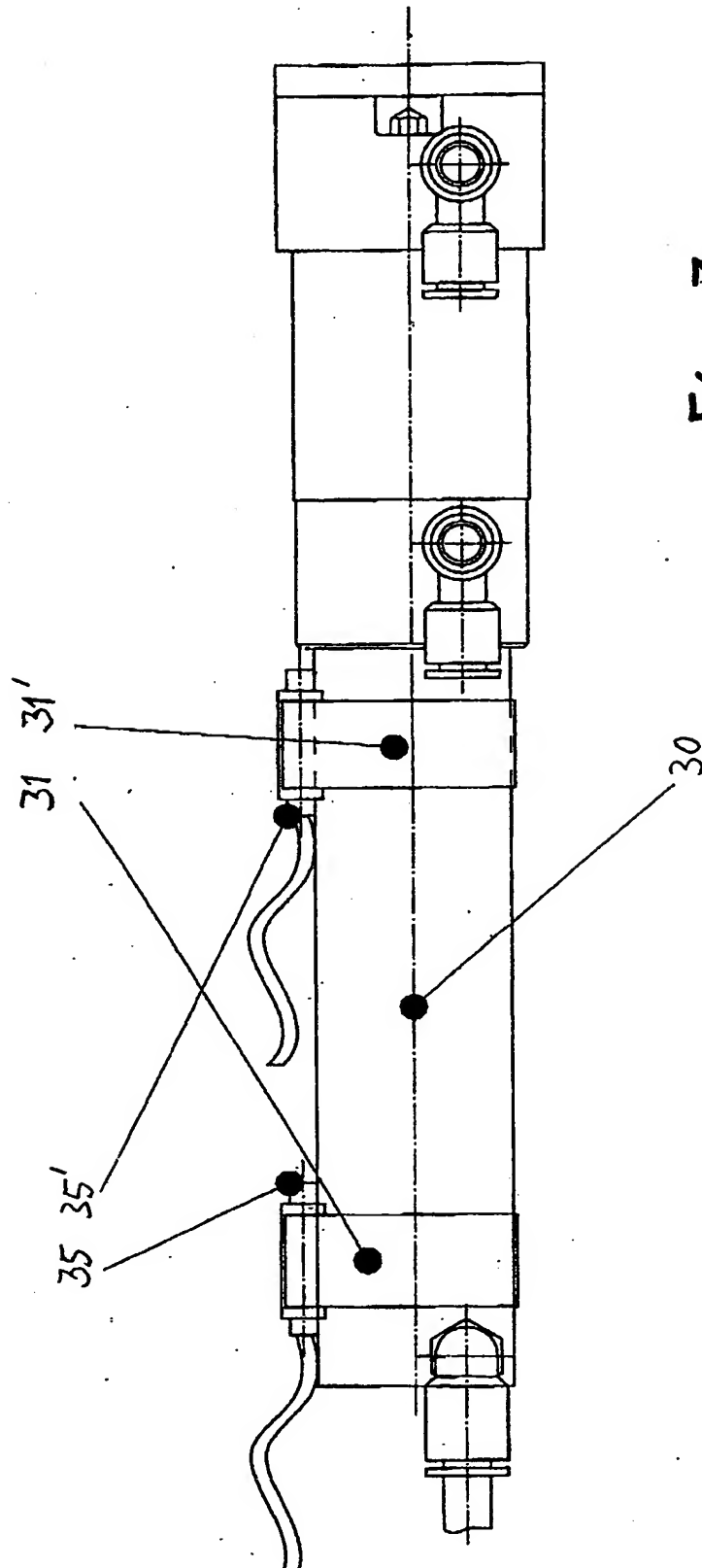
Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

Fig. 1







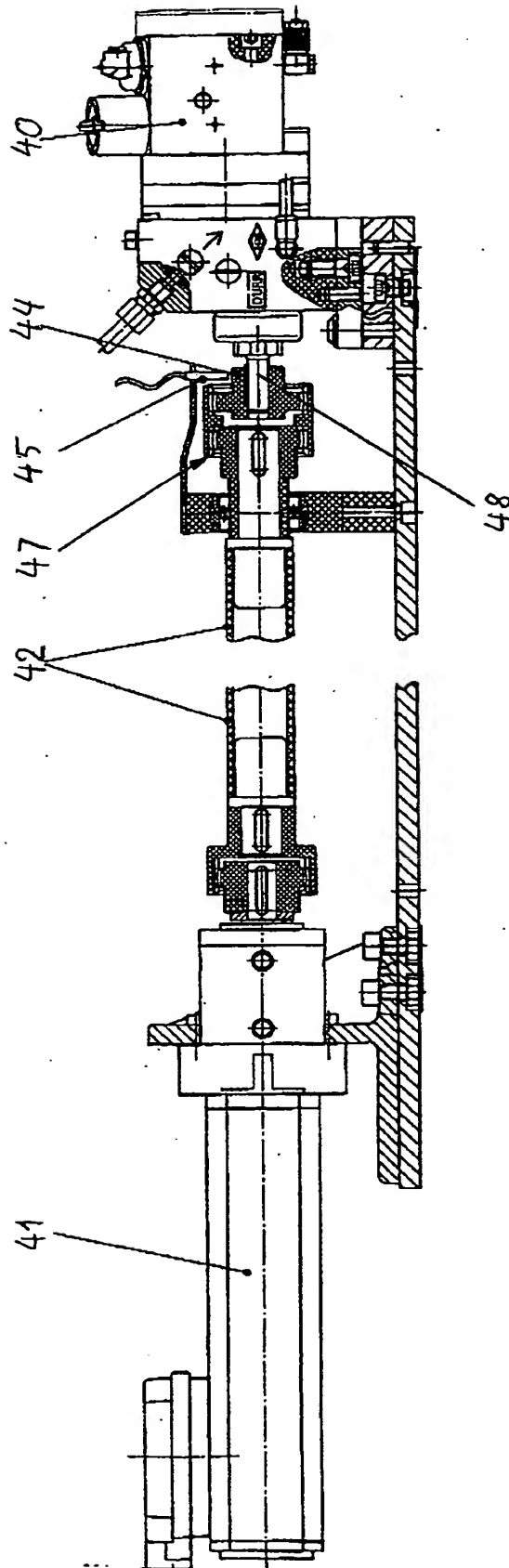


Fig. 4